

PEMODELAN GRANULARITAS TEMPORAL UNTUK MENCARI RELASI ANTAR OBJEK WARISAN BUDAYA INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN ONTOLOGI

Nurul Fajrin Ariyani¹⁾, Alief Yoga Priyanto²⁾, Sarwosri³⁾, Riyanarto Sarno⁴⁾

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Gedung Teknik Informatika, Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

e-mail: nurulfajrin@if.its.ac.id¹⁾, aliefyp@gmail.com²⁾

ABSTRAK

Waktu adalah sebuah konsep penting dalam pencatatan objek-objek warisan budaya dan peristiwa sejarah. Contoh konsep waktu yang sering digunakan dalam pencatatan objek-objek warisan budaya dan sejarah adalah waktu interval (time-interval) dan waktu titik (time-point). Informasi waktu disajikan dalam granularitas waktu primitif yang berbeda seperti tanggal, bulan, tahun dan abad atau bisa juga disajikan dengan hanya menyebutkan keterangan waktu tertentu seperti zaman, era, masa serta keterangan waktu lainnya yang tidak diketahui secara pasti kapan terjadinya. Salah satu cara untuk mencari kedekatan waktu dengan satuan yang beragam adalah dengan memanfaatkan ontologi.

Dalam penelitian ini dibuat sebuah skema ontologi untuk pencarian relasi waktu antar entitas warisan budaya. Skema ini merupakan gabungan dari ontologi yang sudah ada yakni OWL-Time dan CIDOC-CRM. Penggabungan ontologi tersebut dilakukan menggunakan bahasa Ontology Web Language (OWL) dan dengan bantuan aplikasi Protégé. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, skema ontologi ini dapat menghasilkan fakta-fakta baru mengenai kesamaan dan kedekatan waktu dari objek-objek yang diinputkan. Sehingga relasi temporal antar objek dapat diketahui dengan tepat. Pendokumentasian relasi temporal warisan budaya dapat dijadikan salah satu sumber pembelajaran maupun penelitian terkait dengan warisan budaya. Untuk memudahkan pengujian skema ontologi beserta rule penalarannya, hasil dari pencarian relasi temporal ini ditampilkan dalam aplikasi berbasis web.

Kata Kunci: CIDOC-CRM, Granularitas Temporal, Ontologi, OWL-Time, Warisan Budaya.

ABSTRACT

Time is an essential concept in cultural heritage and historical events documentation. The concept that most frequently used in cultural heritage and historical documentation is time interval and time point. A time information is presented in different granularity such as date, month, year, and century or in different formats of time such as era, periods, or any other time points that cannot be precisely known when it happened in the past. Temporal relationships among cultural heritage objects can be reasoned by utilizing ontology.

An ontology schema for finding temporal relationships is proposed in this research. This schema is merged of OWL-Time and CIDOC-CRM ontology that have been widely known and used in most semantic web area. The merging process was done by used an ontology editor tool called Protégé. Based on the experiments, we can conclude that the proposed schema was able to generate several new facts about similarity and proximity of temporal relationships among cultural heritage objects in the dataset. This schema could be used as an initial source of learning that can be further developed in the most advanced research about digitalizing the Indonesian cultural heritage. Furthermore, a simple web based application prototype was built to facilitate case tests that have been implemented in SWRL rules.

Keywords: CIDOC-CRM, Cultural Heritage, Ontology, OWL-Time, Temporal Granularity.

I. PENDAHULUAN

WARISAN budaya adalah peninggalan intelektual berupa benda maupun non-benda yang menggambarkan jati diri dan kehidupan masyarakat pada masa lampau dan diwariskan dari generasi sebelumnya serta dilestarikan untuk generasi yang akan datang. Warisan budaya bisa berupa benda atau material seperti candi, monumen, arca, pisau, tombak, maupun alat-alat purbakala lain yang dapat dilihat dan dipegang. Warisan budaya juga bisa berupa non-benda seperti tradisi, kisah, sejarah tak tertulis, seni pertunjukan, ritual, pengetahuan maupun keterampilan yang ditransmisikan dari generasi ke generasi dalam suatu komunitas.

Pelestarian warisan budaya bisa dilakukan dengan berbagai cara. Di bidang teknologi informasi, pelestarian warisan budaya bisa dilakukan dengan cara mendokumentasikan artifak-artifak maupun peninggalan bersejarah yang lain ke dalam bentuk digital agar dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran bagi masyarakat umum. Di Indonesia saat ini, pendokumentasian warisan budaya masih terbatas pada kepentingan inventarisasi pencatatan koleksi museum saja. Apabila seseorang ingin mendapatkan informasi tentang sejarah, maka orang tersebut harus datang langsung ke museum untuk mencari tahu, karena informasi sejarah Indonesia saat ini tidak bisa atau sangat

jarang bisa ditemui dan diakses melalui media internet.

Pendokumentasian warisan budaya secara digital dan dapat diakses oleh umum memiliki beberapa kendala. Hal ini disebabkan keberagamannya data warisan budaya yang tersedia di sistem-sistem yang berbeda, serta banyaknya dimensi informasi yang dimiliki oleh sebuah objek warisan budaya [1]. Dimensi ini mencakup dimensi fisik atau ukuran dari benda, dimensi spasial atau lokasi penemuan benda, serta dimensi temporal atau waktu digunakannya benda warisan tersebut di masa lampau. Dengan mengetahui dimensi spasial dan temporal sebuah artefak bersejarah, dapat diketahui pula keterkaitan hubungan artefak tersebut dengan artefak-artefak lain. Misalnya, dua buah artefak yang memiliki informasi spasial yang sama tetapi temporalnya berbeda, bisa diartikan bahwa kedua artefak tersebut digunakan oleh masyarakat yang bertinggal di lokasi yang sama yang kemungkinan memiliki kebudayaan yang sama pula, tetapi kedua masyarakat tersebut hidup di era yang berbeda. Dengan merunutkan dimensi temporal dari warisan budaya, kita dapat mengetahui perkembangan peradaban masyarakat di sebuah lokasi dari waktu ke waktu.

Waktu adalah sebuah konsep penting dalam pencatatan warisan budaya. Dengan konsep waktu, budayawan maupun peneliti sejarah dapat lebih mudah mempelajari keruntutan warisan budaya dalam garis waktu. Keteruntutan waktu penting dalam mencocokkan query dan anotasi temporal dengan memeriksa kesamaan atau kedekatannya. Contoh konsep waktu yang digunakan untuk anotasi dari benda-benda peninggalan budaya adalah waktu interval (*time-interval*) dan waktu titik (*time-point*). Penggunaan satuan waktu yang beragam dalam pendokumentasian warisan budaya menyebabkan konteks mengenai waktu itu sendiri sukar dipahami oleh aplikasi inventaris warisan budaya. Sebagai contoh “Abad 20M” dan “Zaman Kolonial” umumnya disimpan sebagai *string* maupun sebagai *integer*. Perbedaan format data waktu ini menyebabkan sulitnya mencari hubungan keduanya, padahal secara fakta keduanya memiliki kedekatan dan keterkaitan (Zaman Kolonial terjadi di kisaran abad 20 M).

Skema pencatatan waktu yang seragam sangat dibutuhkan untuk mempermudah peruntutan peristiwa-peristiwa sejarah, penemuan, atau apapun yang berkaitan dengan peninggalan warisan budaya. Penggunaan Ontologi dapat diterapkan untuk dijadikan solusi atas permasalahan pencatatan semantik informasi waktu pada dokumentasi warisan budaya.

Beberapa penelitian sebelumnya terkait dengan skema penyimpanan warisan budaya telah menghasilkan beberapa skema ontologi seperti LIDO, CARARE, STARC, dan CIDOC-CRM [2]–[4]. Beberapa di antaranya khusus diperuntukkan untuk menyimpan data warisan budaya dalam bentuk 2D dan 3D. Sedangkan yang paling umum digunakan adalah CIDOC-CRM, yang kemudian pada tahun 2006 menjadi standar digitalisasi dokumentasi (ISO 21127) warisan budaya yang akan dipublikasikan menjadi *open data*. Skema CIDOC-CRM dirancang untuk dapat menampung berbagai informasi tentang warisan budaya secara fleksibel. Karena luasnya cakupan yang dimiliki CIDOC-CRM, menyebabkan implementasinya perlu disesuaikan dan dipetakan ke data yang ingin disimpan agar tidak terlalu banyak memakan ruang penyimpanan. Pemetaan CIDOC-CRM untuk menyimpan data artefak-artefak di Museum Nasional telah dilakukan di [5]. Penelitian ini menghasilkan skema inti yang khusus untuk menyimpan informasi dimensi fisik dan *spatio-temporal*, tetapi tidak membahas keragaman dimensi temporal secara menyeluruh.

Pada penelitian ini diusulkan skema penyimpanan waktu yang dapat memfasilitasi keragaman satuan waktu pada studi kasus pendokumentasian informasi temporal dari warisan budaya. Skema yang dihasilkan mengadaptasi standar ontologi waktu OWL-Time dan menggabungkannya dengan class temporal yang dimiliki oleh CIDOC-CRM. Sebagai data uji keragaman satuan waktu, penulis menggunakan data artefak dari Museum Nasional dan beberapa artikel wikipedia tentang peninggalan sejarah Indonesia. Ketepatan skema ontologi akan diukur melalui sebuah aplikasi pencarian relasi objek-objek warisan budaya Indonesia berdasarkan waktu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Warisan Budaya

Warisan budaya adalah hasil budaya fisik (*tangible*) dan non fisik (*intangible*) yang dihasilkan dari peradaban masyarakat di masa lampau. Warisan budaya bisa berupa benda-benda bersejarah, tarian, seni, keterampilan, maupun nilai-nilai yang diturunkan dari generasi sebelumnya untuk dilestarikan oleh generasi mendatang. Warisan budaya merupakan salah satu kekayaan bangsa yang mencerminkan jati diri kelompok-kelompok masyarakat bangsa tersebut. Keberadaan budaya ini ditentukan oleh kondisi alam dan kehidupan masyarakat pada jamannya. Satu budaya tidak dapat terlepas dari budaya yang lain, perkembangan peradaban masyarakat pada dasarnya merupakan sekumpulan budaya-budaya dari kelompok manusia yang bertempat tinggal di lokasi yang sama dalam kurun waktu tertentu. Sebuah artefak sejarah kemungkinan memiliki hubungan dengan artefak yang lain berdasarkan pada informasi temporalnya. Artefak-artefak yang digunakan oleh sekumpulan masyarakat yang sama dalam kurun waktu yang berbeda menggambarkan perkembangan kemajuan peradaban masyarakat pada tempat

tersebut.

B. Teori Temporal

Dalam bahasa Inggris waktu (*time*) memiliki banyak arti. Waktu dapat diartikan sebagai sebuah konsep yang sering digunakan dalam pernyataan linguistik dan juga merupakan topik sentral dalam filosofi yang memiliki domain-domain berbeda untuk penyampaian fisik menggunakan representasi pengetahuan dan pemikiran [6]. Hayes mengidentifikasi enam konsep waktu yang saling terkait satu sama lain. Dua diantaranya paling mendukung representasi waktu warisan budaya, antara lain:

1. Interval waktu (*time-interval*): bagian waktu yang terletak pada rangkaian kesatuan temporal (atau plenum waktu) yang digunakan sebagai dasar untuk teori waktu.
2. Titik waktu (*time-point*): melambangkan suatu “titik” pada waktu yang mendukung teori temporal. Konsep ini terkadang dipahami sebagai titik koordinat waktu yang tidak memiliki durasi dan berguna dalam plenum waktu.

C. Ontologi

Sebuah ontology merupakan definisi dari pengertian dasar dan relasi perbendaharaan kata dari sebuah area yang memiliki aturan dari kombinasi istilah dan relasi untuk mendefinisikan perbendaharaan kata [7]. Menurut Gruber [8], ontologi adalah suatu spesifikasi baku dan jelas dari sebuah konseptualisasi. Ontology merupakan suatu teori tentang makna dari suatu objek, properti dari suatu objek, serta relasi objek tersebut yang mungkin terjadi pada suatu domain pengetahuan. Ontologi menjelaskan tentang konsep dalam domain (*class*) tertentu, properties pada masing-masing konsep, atribut dalam sebuah konsep, dan batasan-batasan (*rule*) yang berlaku pada konsep tersebut. Sebuah ontologi dengan *instance* dapat membentuk sebuah dasar pengetahuan.

1. Komponen Ontologi

Banyaknya variasi struktur ontologi tergantung dari penggunaan bahasa ontologi, termasuk sintaksis yang digunakan. Pada dasarnya, tidak ada fungsionalitas apapun yang dilakukan oleh ontologi, ontologi yang menggunakan fungsi perhitungan dan lainnya tergantung dari data yang ada di dalam ontologi tersebut dan aplikasi yang digunakan.

Ontologi memiliki beberapa komponen, diantaranya:

- a) Konsep (*Concept*), merupakan deskripsi dari tugas, fungsi, aksi, strategi, dan sebagainya. Dalam file berbasis ontologi, concept dikenal sebagai class. Class dalam ontologi mencakup subclass dan superclass. Subclass mewarisi atribut dari superclass-nya sedangkan superclass mewariskan atribut kepada subclass-nya.
- b) Relasi (*Relation*), merupakan representasi sebuah interaksi antara konsep dari sebuah domain. Misalnya relasi binary, yaitu subclass-of dan same-as.
- c) Fungsi (*Function*), yaitu relasi khusus dimana relasi dari suatu elemen adalah unik untuk elemen lainnya.
- d) Aksiom (*Axioms*), berfungsi untuk memodelkan pernyataan yang selalu benar.
- e) *Instance*, digunakan untuk merepresentasikan elemen atau objek. Instance merupakan member dari suatu class.

2. Bahasa Ontologi

Ontologi dapat digunakan dengan mengekspresikan notasi yang nyata. Bahasa ontologi dapat dikatakan sebagai bahasa formal dari sebuah pengembangan ontologi, Komponen yang menjadi struktur ontologi, antara lain:

- XML (*Extensible Markup Language*), mendukung *output* dokumen dalam bentuk terstruktur, kecuali XML yang menggunakan *semantic constraints*. Untuk pembatasan struktur dokumen, bahasa yang digunakan adalah XML Schema.
- RDF (*Resource Description Framework*), merupakan bahasa yang dapat memodelkan data untuk objek yang memiliki hubungan dengan objek lainnya. Semantik yang sederhana juga disediakan oleh bahasa ini untuk model data tersebut. Selain dapat menyimpan berkas dengan format RDF, bahasa RDF juga mendukung penyajian data dalam struktur XML. RDF memiliki skema yang selanjutnya disebut sebagai RDF Schema. *Property* dan *class* dari sumber RDF merupakan kosakata yang dijelaskan dalam skema tersebut. Skema tersebut dilengkapi dengan sebuah hirarki semantik yang menyamaratakan *property* dan *class*.
- OWL (*Ontology Web Language*), melengkapi kosakata yang dimiliki RDF. Selain menjelaskan *property* dan *class*, OWL mendeskripsikan relasi antara kelas-kelas (misalkan *disjointness*), kardinalitas (misalkan apakah berpasangan dengan *instance* tepat berjumlah satu), dan *equality*. OWL juga menyediakan berbagai tipe dan karakteristik (misalkan *symmetry*) dari *property*.

D. RDF

RDF yang memiliki kepanjangan *Resources Description Framework* adalah model sederhana yang menjelaskan relasi antara *property* dan *value*. Atribut dari sebuah *resource* disebut sebagai *property*. Atribut tersebut berfungsi untuk merepresentasikan hubungan antar *resource*.

RDF memiliki struktur yang terdiri dari subyek, predikat, dan obyek. Satu struktur tersebut dapat disebut sebagai pernyataan atau kalimat. Subyek adalah sumber daya yang dideskripsikan sebagai URI. Predikat biasanya disebut sebagai properti yang berfungsi untuk menjelaskan keterkaitan subyek dengan obyek. Sedangkan objek memiliki dua tipe berbeda. Contohnya adalah objek yang memiliki tipe URI seperti http://www.id.dbpedia.org/page/Kesultanan_Demak dan objek yang memiliki tipe literal seperti “Perang Ganter”.

Skema yang dimiliki RDF berfungsi untuk mengendalikan sekumpulan terminologi pada dokumen atau bagian kode yang lain. Skema RDF diibaratkan seperti sebuah *master checklist* atau definisi tata bahasa. Skema ini mampu memodelkan data sederhana dalam bentuk RDF [9].

RDF mengadopsi mekanisme sederhana untuk mengatur berbagai ekspresi. Mekanisme yang digunakan terkait pembuatan *resources*, *properties*, *types* dan *statement* sebagai obyek utama di dalam web. Dengan kata lain, ekspresi tersebut memiliki URI dan tidak mempunyai batasan untuk dikombinasikan satu sama lain [10].

E. OWL-Time

OWL-Time adalah sebuah model ontologi yang dikembangkan untuk mendeskripsikan konten temporal pada suatu halaman web dan properti temporal pada web services. Ontologi ini menyediakan sebuah kosa kata untuk menyatakan fakta topologi relasi tentang *Instances* dan *Intervals* bersamaan dengan informasi durasi dan informasi tentang hari dan tanggal (*datetime*) [11].

1. Topologi Relasi Temporal

Ada dua sub kelas dari *TemporalEntity* pada skema ontologi OWL-Time yaitu *Instant* dan *Interval*. *Interval* adalah sesuatu yang secara intuitif memiliki cakupan, sedangkan *Instant* dapat diibaratkan sebuah titik yang tidak memiliki titik-titik lain di dalamnya. *Instant* dapat diartikan *Interval* yang memiliki panjang nol, dimana titik awal dan akhirnya adalah sama.

Properti *hasBeginning* dan *hasEnds* adalah penghubung antar *Instant* dan *TemporalEntity*. Properti *hasBeginning* mendefinisikan *Instant* yang merupakan titik awal dari suatu *Interval*. Properti *hasEnd* mendefinisikan *Instant* yang merupakan titik akhir dari suatu *Interval*.

2. Relasi Interval

OWL-Time menyediakan properti untuk relasi antar interval, diantaranya *intervalEquals*, *intervalBefore*, *intervalMeets*, *intervalOverlaps*, *intervalStarts*, *intervalDuring*, *intervalFinishes*, dan juga kebalikan (invers) dari relasi–relasi tersebut yaitu *intervalAfter*, *intervalMetBy*, *intervalOverlappedBy*, *intervalStartedBy*, *intervalContains*, *intervalFinishedBy*. Masing-masing dari properti tersebut menghubungkan *instance ProperInterval* dengan *ProperInterval* yang lain.

3. Deskripsi Durasi

Durasi pada sebuah interval dapat memiliki banyak deskripsi. Sebuah interval dapat dideskripsikan sebagai 1 hari 2 jam, atau 26 jam, atau bisa juga dideskripsikan dalam 1560 menit dan seterusnya. Predikat *durationOf* didefinisikan ke dalam 8 argumen, satu untuk *TemporalThing*, dan yang lain adalah tahun, bulan, minggu, hari, jam, menit, dan detik. Satu *interval* dapat memiliki banyak deskripsi durasi namun hanya dapat memiliki satu durasi. *Cardinality* digunakan untuk menentukan *properties/fields* yang harus dan tidak harus dispesifikasikan.

4. Deskripsi DateTime

Sebuah *datetime* memiliki properti *unitType*, *year*, *month*, *week*, *day*, *dayOfWeek*, *dayOfYear*, *hour*, *minute*, *second*, dan *timeZone*. Properti *unitType* menspesifikasikan tipe unit temporal dari deskripsi *datetime*. Sebagai contoh, tipe unit dari tanggal 30 adalah hari atau tanggal (*unitDay*). Tipe unit dari 10.40 adalah menit (*unitMinute*), dan seterusnya. Ketika suatu *Instant* memiliki spesifikasi properti *unitType*, maka unit waktu yang lebih kecil dari yang dispesifikasikan dalam *unitType* tidak dihiraukan. Sebagai contoh, apabila suatu *Instant* memiliki *unitType* bernilai *unitMonth*, maka nilai tanggal, jam, menit dan detik tidak dihiraukan.

OWL-Time mendeskripsikan *datetime* dari suatu *Instant* dengan properti *inDateTime* dengan kelas *DateTimeDescription* sebagai *range*. Masing-masing nilai *datetime* dispesifikasikan ke dalam properti-properti yang sudah disebutkan di atas.

Selain menggunakan *DateTimeDescription*, OWL-Time juga menyediakan metode untuk mendeskripsikan *datetime* dengan lebih sederhana yaitu dengan menggunakan properti *inXSDDatetime* dengan *range* berupa *dateTime* dari skema XML Schema. Metode ini menyimpan *datetime* dengan format `YYY-MM-DDThh-ii-ssZ` dengan keterangan sebagai berikut:

- `YYYY` = 4 digit tahun (*year*)

- MM = 2 digit bulan (*month*)
- DD = 2 digit tanggal (*day*)
- hh = 2 digit jam (*hour*)
- ii = 2 digit menit (*minute*)
- ss = 2 digit detik (*second*)
- Z = Zona waktu

Sebagai contoh, untuk mendeskripsikan *Instant* “Proklamasi” yang memiliki deskripsi *datetime* 10.00 pada tanggal 17 Agustus 1945 dapat diekspresikan dengan menggunakan properti *inXSDDatetime* maupun dengan menggunakan properti *inDateTime*.

F. CIDOC-CRM

CIDOC-CRM adalah ontologi yang dapat diperluas untuk konsep dan informasi warisan budaya serta dokumentasi museum. CIDOC merupakan standar internasional ISO 21127:2014 untuk mengontrol pertukaran informasi warisan budaya. CIDOC adalah sebuah *domain-ontology* yang memiliki *upper-ontology*-nya sendiri. Kelas-kelas dari CIDOC melingkupi:

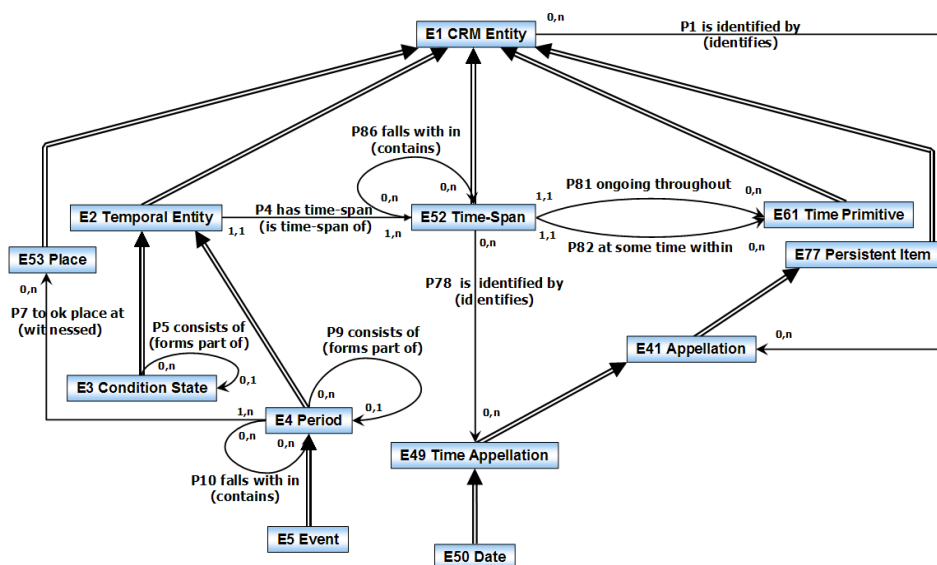
- *Space-Time*: terdiri dari judul, tempat, era/periode, *time-span*, dan hubungan dengan objek-objek persisten.
- *Events*: terdiri dari judul, waktu awal dan akhir, peserta, kreasi atau modifikasi dari suatu bentuk (fisik maupun konsep), dan hubungan dengan objek-objek persisten.
- Objek *Material*: terdiri dari judul, tempat, informasi objek, bagian hubungan, dan hubungan dengan objek-objek persisten.
- Objek *Immaterial*: terdiri dari judul, informasi objek (proporsional maupun simbolik), konsep, dan bagian hubungan.

Gambar 1 menunjukkan hirarki hubungan kelas-kelas dari CIDOC-CRM. *Root* dari semua kelas pada CIDOC bersumber pada *Entity*. Dimensi waktu direpresentasikan oleh *Temporal Entity*, *Time-Span*, dan *Time Primitive*. *Temporal Entity* merepresentasikan kelas umum untuk menyimpan data waktu dan tidak memiliki batasan format waktu yang diperkenankan masuk. Kelas ini menjelaskan waktu yang terhubung dengan kelas *Event*. Di beberapa literatur menyebutkan, pusat dari skema CIDOC-CRM terletak pada kelas *Event*.

G. Semantic Web Rule Language (SWRL)

SWRL adalah suatu bahasa yang menggabungkan antara OWL DL dan OWL Lite, yaitu sub bahasa pada OWL dan Unary atau *Binary Datalog RuleML* yaitu sub bahasa pada *Rule Markup language*. SWRL memungkinkan pembuatan aturan yang bisa dilekatkan pada sebuah *knowledge base* menggunakan bahasa OWL [13].

Aturan dalam SWRL dibangun dari aplikasi antara anteseden (*body*) dan konsekuen (*head*), atau bisa dikatakan bahwa apapun anteseden yang ada, harus ada konsekuen. Anteseden maupun konsekuen harus mengandung minimal nol atau lebih pernyataan. Anteseden kosong berarti konsekuen selalu bernilai *true*. Sebaliknya, konsekuen kosong berarti konsekuen selalu bernilai *false*, akibatnya anteseden juga akan bernilai *false*.



Gambar 1. Diagram Hirarki Ontologi CIDOC-CRM untuk Relasi *Spatio-temporal* [12]

TABEL I. KOMPONEN *BUILT-IN* DARI SWRL

Atom	Deskripsi
equal (x,y)	x dan y adalah variabel atau individual yang memiliki nilai yang sama. Atom ini digunakan untuk melakukan perbandingan <i>numeric</i> dan <i>datetime</i> .
lessThan (x,y)	x adalah variabel atau individual yang memiliki nilai lebih kecil dari y. Atom ini digunakan untuk melakukan perbandingan <i>numeric</i> dan <i>datetime</i> .

SWRL juga memiliki komponen atom tambahan (*built-in*) yang bisa digunakan untuk perbandingan seperti ditunjukkan pada Tabel I, operasi matematik, *boolean*, *string*, *datetime*, URI dan *list*. Sedangkan deskripsi komponen atom secara lengkap dapat dilihat di <https://www.w3.org/Submission/SWRL/#8>.

Berikut merupakan contoh penggunaan SWRL rule untuk menyatakan bahwa apabila individu x terjadi sebelum (*before*) individu y, maka y terjadi setelah (*after*) x. Tanda “?” digunakan untuk mengawali pendeklarasian sebuah variabel atau individual. Tanda “→” berperan sebagai penghubung antara anteseden dan konsekuen. Masing-masing atom dan variabel atau individu dipisahkan oleh tanda “,”.

`before(?x, ?y) -> after(?y, ?x)`

H. Google Refine

Google Refine adalah sebuah perangkat lunak untuk mengolah dan memanipulasi data tabel misalnya CSV, TSV dan Excel. Google Refine memungkinkan pengguna untuk memahami data, merapikan dan melakukan transformasi ke dalam format yang diinginkan [14].

Google Refine tidak mendukung ekspor data dalam format RDF. Digunakan *plugin* RDF Extension untuk pengolahan data RDF. Fungsionalitas ekspor RDF didasarkan pada *skeleton* yang memetakan data tabel ke dalam sebuah skema (*graph*). Sistem mengiterasi tiap baris proyek dan menangkap ekspresi Google Refine Expression Language (GREL) pada *skeleton* yang berdasar pada konten kolom untuk menghasilkan sub skema baru.

I. Easy RDF

EasyRDF adalah sebuah *library* yang dirancang untuk mempermudah penggunaan dan pembuatan RDF[14]. *Library* ini telah dirancang untuk penggunaan oleh pengembang RDF berpengalaman maupun pemula. EasyRDF ditulis dalam bahasa pemrograman PHP berbasis obyek.

Dalam penguraian RDF, EasyRDF membangun sebuah grafik objek PHP yang dapat digunakan untuk mendapatkan data untuk ditampilkan pada halaman web. Data secara khusus dimuat dalam `EasyRdf_Graph`, dari kode sumber dokumen RDF. Sumber dokumen dapat berupa file RDF di dalam *web* maupun berupa keluaran dari sebuah query SPARQL *Construct* atau *Describe* dari sebuah *triplestore*.

J. SPARQL

Model data RDF berupa suatu *statement* dalam bentuk *triple* yang terdiri dari subjek, predikat, dan objek. Untuk mendapatkan informasi dari suatu graph RDF dibutuhkan suatu *query*. SPARQL adalah bahasa *query* untuk RDF. SPARQL digunakan untuk mengekspresikan *query* yang dibutuhkan dari sebuah *graph* beserta konjungsi dan pemisahannya [15]. *Query* bahasa SPARQL memungkinkan untuk melakukan hal-hal berikut:

1. Mengambil nilai dari data yang terstruktur maupun data yang semi terstruktur.
2. Mengembangkan data dengan melakukan *query* terhadap suatu relasi yang tidak diketahui.
3. Dapat melakukan *query* operasi *join* yang kompleks pada database yang berlainan secara lebih sederhana.
4. Mengubah suatu data RDF menjadi *vocabulary* yang lain.

Hasil dari *query* SPARQL dapat mengembalikan nilai dalam beberapa *format* data yang antara lain XML, JSON, RDF, dan HTML.

III. METODOLOGI

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian mulai dari analissi data, perancangan skema ontologi gabungan OWL-Time dan CIDOC-CRM, perancangan *rules* menggunakan SWRL, hingga desain prototipe aplikasi yang digunakan dalam pengujian.

A. Analisis Data

Dataset yang digunakan dalam pengujian berupa kejadian, tokoh, benda, dan seluruh elemen sejarah yang memiliki *event* yang terjadi pada suatu satuan waktu. *Event* pada kejadian sejarah misalnya dimulainya Perang Aceh, ditandatanganinya Perjanjian Lingardjati, penobatan sultan pertama Kesultanan Samudra Pasai, ataupun dimulainya Invasi Portugis. *Event* pada tokoh sejarah misalnya kelahiran Soekarno, kematian Sutomo, masa pemerintahan Ken Arok. Sedangkan *Event* pada benda sejarah misalnya penemuan keris, eksistensi Kesultanan Mataram, atau pendirian Monas.

Selain informasi waktu, ontologi yang dirancang juga harus mampu memuat keterangan atau anotasi tentang entitas yang bersangkutan dengan *event*. Keterangan dapat berupa keterangan nama, deskripsi, maupun informasi lainnya yang terkait dengan entitas.

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Dbpedia Indonesia dan data arkeologi dari Museum Nasional. Data arkeologi menyediakan informasi peninggalan benda-benda bersejarah. Sedangkan DBpedia Indonesia dipilih karena menyediakan informasi terstruktur dari Wikipedia Indonesia. Sebagai contoh, pada halaman *resource* DBpedia Kesultanan Aceh yang diakses melalui http://id.dbpedia.org/page/Kesultanan_Aceh, ditampilkan tabel yang berisi data-data yang berkaitan dengan Kesultanan Aceh berdasarkan ontologi yang dipakai oleh DBpedia, ditunjukkan pada Gambar 2.

Anotasi waktu yang terdapat pada *resource* DBpedia direpresentasikan sebagai satuan waktu primitif dan non primitif. Satuan waktu primitif ditampilkan sebagai tanggal, bulan, tahun, dan abad. Tanggal, bulan dan tahun disimpan dalam format *dateTime*, *date*, *gYear*, *gDate*, *gMonth*, dan sebagainya dalam XML Schema. Waktu bernilai non primitif pada *resource* DBpedia juga ditampilkan dalam teks seperti ditunjukkan pada Gambar 2 *Kesultanan_Aceh* memiliki properti *evenStart* bernilai *Penobatan sultan pertama*.

B. Ekstraksi Data

Data-data dari *resource* diseleksi menurut kebutuhan dalam studi kasus ini dan kemudian dimasukkan ke dalam tabel. Kemudian yang dilakukan selanjutnya adalah memilah kembali data hasil ekstraksi yang memiliki potensi untuk dijadikan suatu “*event*”. *Event* dibentuk dari suatu entitas yang memiliki keterangan waktu baik yang didefinisikan dalam bentuk tanggal dan waktu maupun yang didefinisikan dalam bentuk *event* yang lain. Hasil akhir ekstraksi dapat dilihat pada Tabel II. *Era_Kesultanan_Aceh* merupakan *Event* dari entitas *Kesultanan_Aceh* yang diawali dengan peristiwa Penobatan sultan pertama Aceh dan diakhiri pada Perang Aceh. Untuk presisi waktu dimulainya Kesultanan Aceh sampai berakhir masanya dirujuk pada nilai *Start value* dan *End value*.

TABEL II. HASIL EKSTRAKSI DATA *EVENT* DARI *RESOURCE* DBPEDIA

Kode event	Properti	Value
Event006	<i>Entity</i>	Kesultanan_Aceh
	<i>Event</i>	Era Kesultanan_Aceh
	<i>Start</i>	Penobatan sultan pertama
	<i>End</i>	Perang_Aceh
	<i>Start value</i>	1496
	<i>End value</i>	1903

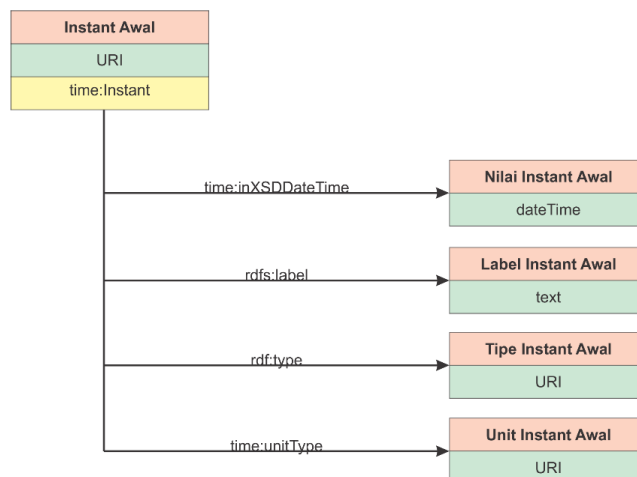


dbpprop-id: commonName	Kesultanan Aceh
dbpprop-id: continent	Asia
dbpprop-id: conventionalLongName	Kesultanan Aceh Darussalam
dbpprop-id: country	Indonesia
dbpprop-id: currency	Koin emas dan perak lokal
dbpprop-id: eventEnd	dbpedia-id: Perang_Aceh
dbpprop-id: eventStart	Penobatan sultan pertama
dbpprop-id: flagS	Flag of the Netherlands.svg
dbpprop-id: governmentType	Monarki absolut
dbpprop-id: ImageCoat	Cap Sikureueng.jpg
dbpprop-id: imageFlag	Bendera aceh.svg
dbpprop-id: imageMap	Aceh Sultanate.id.svg
dbpprop-id: imageMapCaption	Luas Kesultanan Aceh pada masa pemerintahan Sultan Iskandar Muda, 1608-1637.
dbpprop-id: leader	Ali Mughayat Syah Alaidin Muhammad Daud Syah
dbpprop-id: p	Lamuri
dbpprop-id: region	Asia Tenggara

Gambar 2. Halaman *resource* DBpedia

TABEL III CONTOH BARIS TABEL UNTUK TRANSFORMASI

Interval	Instant Awal	Nilai Instant Awal	Instant Akhir	Nilai Instant Akhir
006_Pl_Era_Kesultanan_Aceh	006_I_Awal_Era_Kesultanan_Aceh	1496-01-01T00:00:00	006_I_Akhir_Era_Kesultanan_Aceh	1903-12-31T00:00:00



Gambar 3. Contoh Rancangan *Skeleton* Google Refine

C. Transformasi Data

Proses transformasi data ke dalam format RDF dilakukan agar data dapat diproses dengan menggunakan skema ontologi yang dibangun. Transformasi data dilakukan dengan menggunakan kakas bantu Google Refine dan bantuan ekstensi RDF. Data dikelompokkan ke dalam kolom-kolom tabel berdasarkan tipe (*class*). Contoh baris tabel hasil dari transformasi data ditunjukkan oleh Tabel III.

Kolom-kolom dari tabel diimpor dan ditransformasikan sebagai *node-node* dalam *skeleton*. Kolom-kolom inti dari tabel diinisiasikan sebagai *root* dan kolom lain yang berhubungan dihubungkan dengan *root* menggunakan sebuah properti. Properti-properti ini didapat melalui hasil impor skema ontologi. Contoh rancangan *skeleton* dapat dilihat pada

Gambar 3.

D. Perancangan Ontologi

Pada tahap ini skema ontologi dibangun untuk menyimpan informasi yang telah didapat. Ontologi yang dipakai adalah gabungan dari OWL-Time dan CIDOC-CRM. OWL-Time mendefinisikan skema pengolahan data waktu karena memiliki skema penyimpanan waktu yang bisa digunakan untuk menyimpan informasi waktu baik secara angka dalam format *xsd:dateTime* maupun dalam bentuk bukan angka seperti pada URI. CIDOC-CRM digunakan untuk penyimpanan deskripsi seperti jenis, nama, tempat, dan informasi lainnya yang melekat pada suatu artefak sejarah. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam perancangan ontologi dijelaskan pada subbab-subbab berikut.

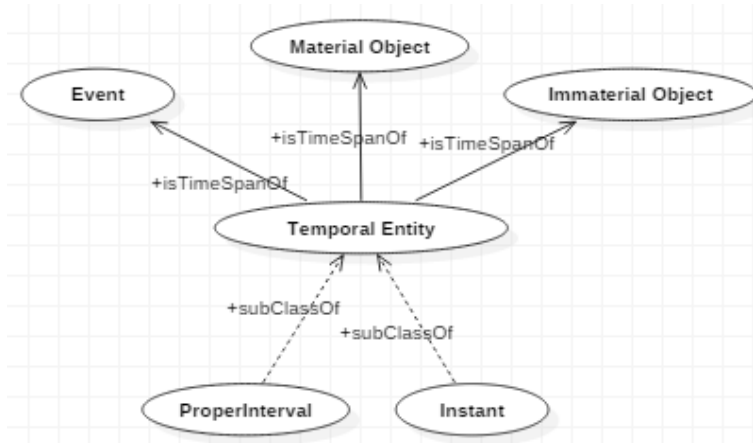
1) Skema Penyimpanan Informasi Temporal

Skema OWL-Time memiliki penyimpanan informasi waktu dalam bentuk *xsd:dateTime*. Bentuk penyimpanan ini memungkinkan untuk dilakukan operasi perbandingan secara matematis dengan menggunakan SWRL rule. Format yang digunakan oleh *xsd:dateTime* adalah YYYY-MM-DDThh-ii-ss yang mengacu pada ISO8601 [16]. Dalam penerapan studi kasus ini, penambahan dilakukan untuk melengkapi data yang disediakan DBpedia agar dapat ditangkap oleh skema *xsd:dateTime*. Data yang ditambahkan untuk melengkapi data asli bukanlah data yang sebenarnya dan tidak tertera pada *resource* DBpedia. Dalam kasus ini digunakan properti *unitType* untuk mengetahui satuan waktu terkecil sebenarnya yang melekat pada suatu *Instant*. Masing-masing entitas temporal didefinisikan sebagai interval dan disimpan dalam kelas *ProperInterval*.

Dalam beberapa kasus warisan budaya, sering ditemukan inkonsistensi waktu terkait perbedaan sistem penanggalan maupun faktor lainnya. Hal ini bisa menimbulkan makna ganda yang menyebabkan kesalahan dalam pencatatan waktu pada objek-objek warisan budaya. Menurut teori Open-World Assumption, bahasa yang

TABEL IV.
PENGUNAAN KELAS DAN PROPERTI PADA ONTOLOGI TEMPORAL WARISAN BUDAYA

Kelas	<i>ProperInterval, Instant, TemporalUnit, Event, Thing</i>
Properti	<i>before, after, equals, intervalMeets, intervalMetBy, intervalBefore, intervalAfter, intervalDuring, intervalContains, intervalStarts, intervalStartedBy, intervalFinishes, intervalFinishedBy, intervalOverlaps, intervalOverlappedBy, intervalEquals, overlaps, hasBeginning, hasEnd, unitType, P4i_is_time-span_of, inXSDDateTime</i>



Gambar 4. Skema Inti Ontologi Hasil Penggabungan

digunakan oleh web semantik termasuk OWL tidak memberi kesimpulan tanpa adanya pengetahuan yang mendasarinya. Semua data yang masuk ke dalam sistem akan dianggap benar dan tidak diragukan kebenarannya.

2) Seleksi Kelas dan Properti

CIDOC-CRM adalah model ontologi yang dikhususkan untuk memodelkan penyimpanan anotasi warisan budaya. Pada OWL-Time skema yang digunakan untuk memodelkan penyimpanan waktu adalah yang berhubungan dengan skema *xsd:datetime*. Seleksi kelas dan properti yang digunakan pada ontologi ini dapat dilihat pada Tabel IV.

3) Penggabungan Ontologi

Entitas temporal pada ontologi hendaknya dihubungkan dengan kejadian (*Event*), objek material, maupun objek non-material yang terkait. Didapatkan properti yang paling tepat untuk menghubungkan entitas temporal dengan *event* dan *persistent item* adalah *is_time-span_of*. Skema inti hasil penggabungan ontologi CIDOC-CRM dan OWL-Time dapat dilihat pada Gambar 4.

4) Pengembangan Ontologi

Suatu entitas temporal dapat berupa suatu anotasi waktu dari suatu kejadian, atau merupakan suatu satuan waktu seperti tahun dan abad. Pada studi kasus penelitian ini, kelas *Century* dan *Year* ditambahkan ke dalam konsep ontologi sebagai pembeda.

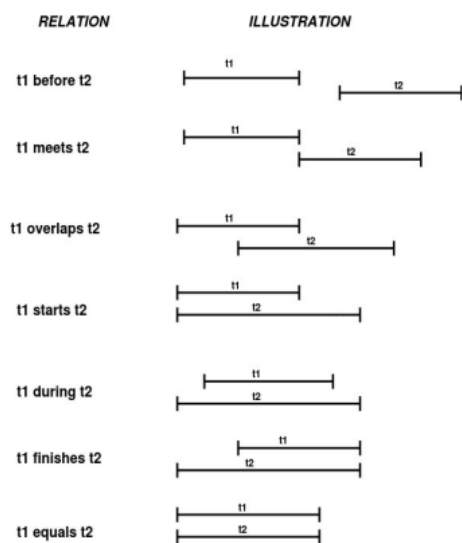
5) Pencarian Relasi

Pencarian hubungan antar entitas temporal dilakukan untuk mengetahui apakah sebuah entitas temporal memiliki hubungan dalam hal ini keterkaitan waktu dengan entitas temporal yang lain. Selain untuk mengetahui adanya keterkaitan waktu, jenis hubungan juga dapat diketahui melalui tahap ini. Jenis hubungan yang dimaksud adalah *before*, *after*, *equal*, *intervalBefore*, *intervalAfter*, *intervalMeets*, *intervalMetBy*, *intervalOverlaps*, *intervalOverlappedBy*, *intervalStarts*, *intervalStartedBy*, *intervalDuring*, *intervalContains*, *intervalFinishes*, *intervalFinishedBy*, *intervalEquals*. Ilustrasi dari jenis-jenis relasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.

SWRL rule digunakan untuk mendefinisikan fungsi aturan-aturan untuk mendapatkan fakta-fakta baru terkait hubungan waktu antar entitas temporal. Aturan-aturan dibuat berdasarkan *classes*, *object property*, dan *data property* pada skema ontologi.

Gambar 6 merupakan salah satu contoh kondisi relasi *before*. Ketika diketahui *Instant x* terjadi sebelum (*before*) *Instant y* dan *Instant y* terjadi sebelum (*before*) *Instant z*, maka dapat disimpulkan bahwa *Instant x* terjadi sebelum *Instant z*. Untuk melakukan pencarian relasi *before* pada kondisi seperti Gambar 6 digunakan rule sebagai berikut:

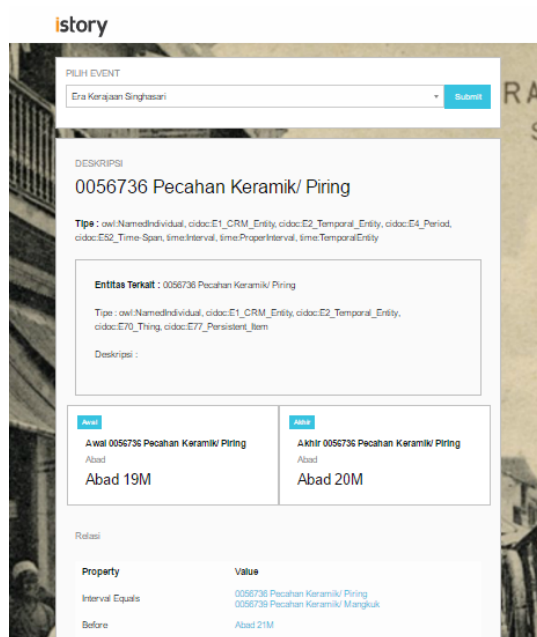
$$\text{before}(?x, ?y), \text{before}(?y, ?z) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$$



Gambar 5. Relasi Antar Entitas Temporal [17]



Gambar 6. Contoh Kemungkinan Relasi Temporal *Before*



Gambar 7. Antarmuka Aplikasi iStory

Setelah *rules* dibuat, maka dilakukan proses reasoning dengan tujuan untuk mengetahui apakah *rule* yang diterapkan sudah valid sehingga dapat memunculkan fakta baru tentang relasi waktu antar objek warisan budaya. Pengujian fungsionalitas dilakukan untuk menguji kevalidan fungsional sistem dalam memunculkan fakta-fakta mengenai relasi antar objek-objek warisan budaya yang telah dicari dengan menggunakan ontologi. Pengujian dilakukan terhadap fungsionalitas *before*, *after*, *during* dan interval. Pengujian dilakukan dengan melakukan *query* dengan terhadap ontologi dengan menggunakan SPARQL *query*.

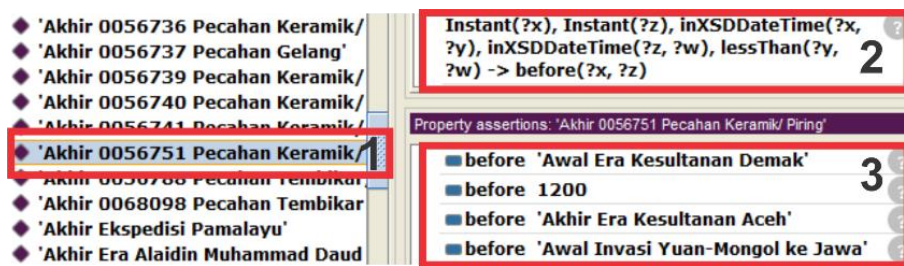
E. Perancangan Aplikasi

Aplikasi iStory dibangun untuk memudahkan pembacaan ontologi yang dibuat pada penelitian ini. Aplikasi iStory dibangun dengan basis *web* menggunakan bahasa pemrograman PHP dan library EasyRDF. Masukan dari perangkat lunak ini berupa *file* RDF yang merupakan hasil ekspor ontologi yang telah dilakukan *reasoning*. Keluaran dari perangkat lunak ini adalah sebuah halaman HTML yang menampilkan informasi dari *file* RDF.

Antarmuka aplikasi iStory terdiri dari satu halaman yang terdiri dari satu buah panel berisi *dropdown select* dan satu panel berisi deskripsi entitas. Deskripsi entitas sendiri terdiri dari beberapa tabel yang memuat informasi mengenai entitas yang dipilih. Antarmuka halaman utama dari iStory ini dapat dilihat pada Gambar 7. Gambar tersebut menceritakan tentang entitas 0056736 Pecahan Keramik/Piring yang digunakan sekitar abad 19-20 M. Karena informasi temporalnya berbentuk durasi maka untuk nilai *temporal entity*nya memiliki *start time* dan juga *end time*.

IV. HASIL PENGUJIAN

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian terhadap model ontologi dan pengujian terhadap fungsionalitas sistem. Pengujian model ontologi dilakukan Pellet *reasoner* terhadap SWRL *rule* yang telah dibuat. Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan menggunakan *query* SPARQL terhadap hasil *inference* ontologi, berdasarkan studi kasus yang ditunjukkan pada relasi waktu di Gambar 5. Data uji yang digunakan didapatkan dari beberapa artikel Wikipedia tentang sejarah Indonesia dan data artefak yang didapatkan dari Monumen Nasional. Dari studi kasus dapat disimpulkan bahwa fungsionalitas *rules* pada ontologi iStory 100% dapat diterapkan pada 55 data uji dengan memperoleh hasil data *inference* yang tepat. Sehingga bisa ditarik disimpulkan bahwa model yang dibuat telah sesuai dengan yang diharapkan.

Gambar 8. Pengujian Kevalidan Relasi *before*

Sebagai contoh pengujian, berikut adalah pengujian yang dilakukan untuk relasi waktu *Before*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 8. Pada pengujian ini disediakan masukan berupa *TemporalEntity* yang seharusnya memiliki hubungan *before* dengan *TemporalEntity* lainnya. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah *rule* yang diterapkan benar-benar mampu mendeteksi relasi *before*. Subjek yang dijadikan uji coba adalah *Akhir_0056751_Pecahan_Keramik* yang merepresentasikan instance waktu penggunaan artefak bernama Pecahan Keramik di masa lampau. Pointer 2 pada Gambar 8 menunjukkan *rule* yang dipakai sebagai uji coba, yaitu apabila ada sebuah instance artefak yang memiliki *TemporalEntity* lebih kecil dari artefak kedua, maka artefak pertama memiliki hubungan *before* dengan artefak kedua. Pointer 3 menunjukkan hasil penalaran yang didapatkan melalui ontologi. Dengan demikian dapat disimpulkan, *Akhir_0056751_Pecahan_Keramik* terjadi sebelum Awal Era Kesultanan Demak, sebelum tahun 1200 M, sebelum Akhir Era Kesultanan Aceh, dan sebelum Awal Invasi Yuan Mongol ke Jawa. Dengan demikian linimasa dari kejadian artefak bisa dirunutkan berdasarkan keterkaitannya dengan artefak atau peristiwa-peristiwa sejarah yang lainnya.

Di sisi lain, proses komputasional apabila terjadi penambahan data akan memakan waktu yang relatif lama karena harus melewati tahapan *reasoning* dan ekspor *inference* data terlebih dahulu. Pada uji coba ini, proses *reasoning* berlangsung selama 30 menit sedangkan proses ekspor memakan waktu sekitar 10 jam dengan menggunakan perangkat dengan memori 4.00 GB dan kecepatan *processor* 1.4 GHz.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan selama proses perancangan, implementasi dan pengujian perangkat lunak yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan. Pertama, studi kasus pencarian relasi waktu antar objek warisan budaya Indonesia yang memiliki keberagaman granularitas temporal dapat dimodelkan dengan penggabungan serta pengembangan skema ontologi OWL-Time dan CIDOC-CRM. Relasi temporal antar objek warisan budaya dapat dilengkapi dengan menggunakan SWRL *rule* dan menyimpan informasi waktu dalam format *dateTime*. Sedangkan relasi temporal itu sendiri dapat dicari dengan mengeksekusi sintaks SPARQL ke sekumpulan *instance* yang telah sudah lengkap hasil dari penalaran oleh *reasoner engine*. Untuk memudahkan pembacaan hasil query, hasil pencarian relasi waktu antar objek warisan budaya ditampilkan ke dalam halaman web dengan memanfaatkan *library* EasyRDF.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Geser and F. Niccolucci, "Virtual museums, digital reference collections and e-science environments," *Uncommon Cult.*, vol. 3, no. 5/6, pp. 12–37, 2013.
- [2] E. Coburn, R. Light, G. McKenna, R. Stein, and A. Vitzthum, "Lido-lightweight information describing objects version 1.0," *ICOM Int. Comm. Mus.*, 2010.
- [3] M. Doerr, "The CIDOC conceptual reference module: an ontological approach to semantic interoperability of metadata," *AI Mag.*, vol. 24, no. 3, p. 75, 2003.
- [4] P. Ronzino, S. Hermon, and F. Niccolucci, "A metadata schema for cultural heritage documentation," *V CApellini Ed Electron. Imaging Vis. Arts EVA*, pp. 36–41, 2012.
- [5] N. F. Ariyani and U. L. Yuhana, "Generating cultural heritage metadata as linked open data," in *2015 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2015, pp. 1–6.
- [6] L. Petnga and M. Austin, "Ontologies of Time and Time-based Reasoning for MBSE of Cyber-Physical Systems," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 16, pp. 403–412, Jan. 2013.
- [7] R. Neches *et al.*, "Enabling Technology for Knowledge Sharing," *AI Mag.*, vol. 12, no. 3, p. 36, Sep. 1991.
- [8] T. R. Gruber, "A translation approach to portable ontology specifications," *Knowl. Acquis.*, vol. 5, no. 2, pp. 199–220, 1993.
- [9] L. Stojanovic, S. Staab, and R. Studer, "eLearning based on the Semantic Web," in *WebNet2001-World Conference on the WWW and Internet*, 2001, pp. 23–27.
- [10] N. Ibrahim, "Pengembangan Aplikasi Semantic Web Untuk Membangun Web yang Lebih Cerdas," *J. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. pp. 27 – 39, Aug. 2011.
- [11] J. R. Hobbs and F. Pan, "Time ontology in OWL," *W3C Work. Draft*, vol. 27, p. 133, 2006.

- [12] "Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model - cidoc_crm_version_5.0.4.pdf," 08-Oct-2015. [Online]. Available: http://www.cidoc-crm.org/docs/cidoc_crm_version_5.0.4.pdf. [Accessed: 08-Oct-2015].
- [13] I. Horrocks *et al.*, "SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML," *W3C Memb. Submiss.*, vol. 21, p. 79, 2004.
- [14] "EasyRdf - RDF Library for PHP." [Online]. Available: <http://www.easyrdf.org/>. [Accessed: 13-Dec-2016].
- [15] "SPARQL Query Language for RDF." [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>. [Accessed: 13-Dec-2016].
- [16] M. Wolf and C. Wicksteed, "Date and time formats," *W3C NOTE NOTE-Datetime-19980827 August*, 1998.
- [17] M. Hemalatha, V. Uma, and G. Aghila, "Time ontology with reference event based temporal relations (RETR)," *Int. J. Web Semantic Technol.*, vol. 3, no. 1, p. 23, 2012.